

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-190979

(43)Date of publication of application : 05.07.2002

(51)Int.Cl. H04N 5/228

G03B 7/20

G03B 19/02

G06T 3/00

// H04N101:00

(21)Application number : 2000-386835 (71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 20.12.2000 (72)Inventor : KUNIBA HIDEYASU

(54) ELECTRONIC CAMERA, AND RECORDING MEDIUM OF IMAGE PROCESSING PROGRAM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an electronic camera (or an image processing program) in which correction processing of image data caused by an imaging lens is performed automatically.

SOLUTION: The electronic camera comprises an imaging section generating image data by picking up the image of an object being formed on the imaging plane through an imaging lens, and a correcting section for correcting limb darkening of the imaging lens, or the like, based on the lens information concerning limb darkening of the imaging lens.

LEGAL STATUS [Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The electronic camera characterized by having picturized the photographic subject image formed on an image pick-up side through a taking lens, and having the image pick-up section which generates image data, and the amendment section which amends limb darkening of said image data based on the lens information about limb darkening of said taking lens.

[Claim 2] It is the electronic camera which said lens information is opening data about two or more locations and paths of a pupil which are optically formed in said taking lens in an electronic camera according to claim 1, and is characterized by for said amendment section to amend the luminance distribution of said image data in the direction which computes the quantity of light distribution which arrives at said image pick-up side through said two or more pupils, and erases said quantity of light distribution inside based on said opening data.

[Claim 3] The electronic camera characterized by having picturized the photographic subject image formed on an image pick-up side through a taking lens, and having the image pick-up section which generates image data, and the amendment section which amends the distortion aberration of said image data based on the lens information about the distortion aberration of said taking lens.

[Claim 4] Said amendment section is an electronic camera with which said lens information is the correspondence relation between "the image quantity h of said taking lens", and the "image quantity h_0 of the ideal image point", and it is characterized by carrying out location amendment of the pixel location of said image data in the direction in which said image quantity h carries out abbreviation coincidence at said image quantity h_0 in an electronic camera according to claim 3 based on said correspondence relation.

[Claim 5] The electronic camera characterized by having picturized the photographic subject image formed on an image pick-up side through a taking lens, and having the image pick-up section which generates image data, and the amendment section which amends the far and near distortion of said image data based on the lens information about the far and near distortion of said taking lens.

[Claim 6] It is the electronic camera characterized by for said lens information being the lens information about the include angle of the lens optical axis at the time of photography, and said amendment section carrying out location amendment of the pixel location of said image data in the direction which erases a far and near distortion produced in said image data inside based on the include angle of said lens optical axis in an electronic camera according to claim 5.

[Claim 7] The electronic camera characterized by having an operating member for prohibition of the amendment which forbids amendment processing of said image data based on said amendment section in an electronic camera given in any 1 term of claim 1 thru/or claim 6.

[Claim 8] The electronic camera characterized by having the file-generating section which picturizes the photographic subject image formed on an image pick-up side through a taking lens, combines the image pick-up section which generates image data, limb darkening of said taking lens, distortion aberration and the lens information about at least one of the far and near distortion, and the image data generated in said image pick-up section, and generates an image file.

[Claim 9] It is the electronic camera which said taking lens is an exchangeable lens in an electronic camera given in any 1 term of claim 1 thru/or claim 8, and is characterized by having performed said taking lens and information communication link with which said electronic camera was equipped, and having the information acquisition section which acquires said lens information from said taking-lens side.

[Claim 10] The image pick-up section which picturizes the photographic subject image formed on an image pick-up side through a taking lens, and generates image data, It

has the amendment section which gives at least two of limb-darkening amendment, distortion aberration amendment, chromatic-aberration-of-magnification amendment, and far and near distortion amendments to said image data. Said amendment section The electronic camera characterized by performing amendment performed to said image data by the priority of ** limb-darkening amendment, ** distortion aberration amendment, chromatic-aberration-of-magnification amendment, and ** distance distortion amendment.

[Claim 11] The record medium which recorded the image-processing program for making it function as the image data acquisition section which reads image data for a computer from an image file, the information acquisition section which reads limb darkening, distortion aberration, and the lens information about at least one of the far and near distortion from said image file, and the amendment section which amends said image data based on said lens information acquired from said image file and in which machine reading is possible.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the electronic camera which picturizes a photographic subject image and generates image data. This invention relates to the image-processing program for performing an image processing to image data, and its record medium.

[0002]

[Description of the Prior Art] Carrying out the image processing of the image data photoed with the electronic camera on a computer conventionally is often performed. Amendment processing of the fault which originates in taking lenses, such as - distortion aberration amendment, limb-darkening amendment, color gap amendment, and far and near distortion amendment, in such an image-processing program was also possible.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, in such a conventional image-processing program, after the user chose the item of amendment processing, the amount of amendments needed to be adjusted in detail. Therefore, the user had to determine the amount of amendments proper about image data each in detail, and had the trouble of taking time and effort. Since the amount of amendments and an amendment item were various with the class of taking lens used at the time of photography when processing image data [finishing / a lot of photography] especially,

there was a trouble of becoming a troublesome activity.

[0004] Moreover, in the conventional image-processing program, a user determines the sequence of amendment processing freely. Therefore, there was a possibility that amendment processing might be performed in unsuitable sequence. When two or more amendments in unsuitable sequence were made, there was a trouble of giving a complicated distortion unrestorable in an image. Then, the purpose of this invention is offering the electronic camera which determines the amount of amendments of image data proper. Moreover, other purposes of this invention are offering the image-processing program which determines the amount of amendments of image data proper, and its record medium. Moreover, other purposes of this invention are determining the sequence of amendment processing of image data proper.

[0005]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the technical problem mentioned above, invention of each claim is constituted as follows.

[0006] <<claim 1>> Invention according to claim 1 picturizes the photographic subject image formed on an image pick-up side through a taking lens, and is characterized by having the image pick-up section which generates image data, and the amendment section which amends limb darkening of image data based on the lens information about limb darkening of a taking lens.

[0007] <<claim 2>> Invention according to claim 2 is opening data about two or more locations and paths of a pupil which are formed optically [lens information] to a taking lens in an electronic camera according to claim 1, and the amendment section computes the quantity of light distribution which arrives at an image pick-up side through two or more pupils based on opening data, and is characterized by amending the luminance distribution of image data in the direction which erases quantity of light distribution inside.

[0008] <<claim 3>> Invention according to claim 3 picturizes the photographic subject image formed on an image pick-up side through a taking lens, and is characterized by having the image pick-up section which generates image data, and the amendment section which amends the distortion aberration of image data based on the lens information about the distortion aberration of a taking lens.

[0009] <<claim 4>> In an electronic camera according to claim 3, the lens information of invention according to claim 4 is the correspondence relation between "the image quantity h of a taking lens", and the "image quantity h_0 of the ideal image point", and the amendment section is characterized by the image quantity h carrying out location amendment of the pixel location of image data in the direction which carries out abbreviation coincidence at the image quantity h_0 based on correspondence relation.

[0010] <<claim 5>> Invention according to claim 5 picturizes the photographic subject image formed on an image pick-up side through a taking lens, and is characterized by having the image pick-up section which generates image data, and the amendment

section which amends the far and near distortion of image data based on the lens information about the far and near distortion of a taking lens.

[0011] <<claim 6>> Invention according to claim 6 is the lens information concerning [lens information] the include angle of the lens optical axis at the time of photography in an electronic camera according to claim 5, and the amendment section is characterized by carrying out location amendment of the pixel location of image data based on the include angle of a lens optical axis in the direction which erases a far and near distortion produced in image data inside.

[0012] <<claim 7>> Invention according to claim 7 is characterized by equipping any 1 term of claim 1 thru/or claim 6 with the operating member for prohibition of the amendment which forbids amendment processing of the image data based on the amendment section in the electronic camera of a publication.

[0013] <<claim 8>> Invention according to claim 8 is characterized by having the file-generating section which picturizes the photographic subject image formed on an image pick-up side through a taking lens, combines the image pick-up section which generates image data, limb darkening of a taking lens, distortion aberration and the lens information about at least one of the far and near distortion, and the image data generated in the image pick-up section, and generates an image file.

[0014] <<claim 9>> Invention according to claim 9 is characterized by for a taking lens being an exchangeable lens, having performed the information communication link with the taking lens with which the electronic camera was equipped, and equipping it with the information acquisition section which acquires lens information from a taking-lens side in an electronic camera given in any 1 term of claim 1 thru/or claim 8.

[0015] <<claim 10>> Invention according to claim 10 picturizes the photographic subject image formed on an image pick-up side through a taking lens. As opposed to the image pick-up section which generates image data, and image data Limb-darkening amendment, It has the amendment section which gives at least two of distortion aberration amendment, chromatic-aberration-of-magnification amendment, and far and near distortion amendments, and the amendment section is characterized by performing amendment performed to image data by the priority of ** limb-darkening amendment, ** distortion aberration amendment, chromatic-aberration-of-magnification amendment, and ** distance distortion amendment.

[0016] <<claim 11>> The image-processing program for making it function as the information acquisition section which reads limb darkening, distortion aberration, the chromatic aberration of magnification, and the lens information about at least one of the far and near distortion, and the amendment section which amends image data based on the lens information acquired from the image file from the image data acquisition section which reads image data for a computer from an image file, and an image file is recorded on a record medium according to claim 11.

[0017]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, based on a drawing, the operation gestalt concerning claims 1-11 is explained. Drawing 1 is drawing showing an electronic camera 11 and a computer 31. An electronic camera 11 is equipped with the exchangeable taking lens 12 in drawing 1. Memory 12 in lens a which memorizes lens information etc., and MPU 12 in lens b which performs system control in a lens are built in this taking lens 12. On the other hand, the image pick-up side of an image sensor 13 is arranged in the image space of a taking lens 12. The output of an image sensor 13 is connected to a bus 16 through the A/D-conversion section 14, and the signal-processing section 15.

[0018] The following configuration is connected to this bus 16.

** Inside MPU of a camera for system controls () [Micro] Processor Unit 17 ** image data etc. To the memory 16a ** image data for memorizing, amendment processing The inside MPU 17 of the external interface 22 for data to exchange between the computers 31 of the record playback section 20 ** exterior which performs the record processing and regeneration of the picture compression section 19 ** memory card 21 which compress the image amendment section 18 ** image data to give, in addition a camera MPU 12 in lens b and data communication are performed through lens communication link contact 12c prepared in the lens mount section. Moreover, amendment switch 17a for performing ON / off setup of amendment processing is prepared in an electronic camera 11. The switch output of this amendment switch 17a is inputted in [MPU / 17] a camera.

[0019] The correspondence relation of the configuration of this operation gestalt and this invention which were mentioned above is explained below [correspondence relation with this invention]. In addition, correspondence relation here does not illustrate one interpretation for reference, and does not limit this invention to ** and others.

[0020] About the correspondence relation between the items mentioned of claims 1-6, and this operation gestalt, the image pick-up section corresponds to an image sensor 13, and the amendment section corresponds to the image amendment section 18. About the correspondence relation between the items mentioned of claim 7, and this operation gestalt, an operating member corresponds to amendment switch 17a. About the correspondence relation between the items mentioned of claim 8, and this operation gestalt, the image pick-up section corresponds to an image sensor 13, and the file-generating section corresponds to the picture compression section 19 and the record playback section 20. About the correspondence relation between the items mentioned of claim 9, and this operation gestalt, a taking lens is equivalent to a taking lens 12, and the information acquisition section corresponds in [MPU / 17] a camera. About the correspondence relation between the items mentioned of claim 10, and this operation gestalt, the image pick-up section corresponds to an image sensor 13, and

the amendment section corresponds to the image amendment section 18. About the correspondence relation between the items mentioned of claim 11, and this operation gestalt, a computer is equivalent to a computer 31 and a record medium corresponds to the hard disk or system memory in the record medium 32 shown in drawing 1 , or a computer 31.

[0021] [Actuation explanation of electronic camera 11] drawing 2 is a flow chart explaining actuation of an electronic camera 11. Hereafter, actuation of an electronic camera 11 is explained in order of the step number shown in drawing 2 .

[0022] Step S1: According to actuation of release ** (un-illustrating) of an electronic camera 11, the inside MPU 17 of a camera controls an image sensor 13 and a taking lens 12, and performs image pick-up actuation. The sequential output of the image data is carried out from an image sensor 13 by this image pick-up actuation. After this image data is digitized through the A/D-conversion section 14, it is given to the signal-processing section 15. The signal-processing section 15 once accumulates the image data after processing in memory 16a, after performing a gamma correction, black level amendment, etc. to real time to this image data.

[0023] Step S2: The signal-processing section 15 performs color interpolation processing in detail to the image data in this memory 16a, and the color component of RGB generates all pixel ***** image data.

[0024] Step S3: The inside MPU 17 of a camera performs MPU12in lens b by the side of a taking lens 12, and a communication link, and acquires the lens information used for amendment processing of image data. This lens information consists of following data constellations.

** The data table D about the distortion aberration at the time of the opening data **
image pick-up at the time of an image pick-up (h)

** Photographic subject distance s_1 (distance from the focus side of a photographic subject to the before [a taking lens 12] side principal point) found from the lens location at the time of the focal distance f ** image pick-up at the time of θ **
image pick-up whenever [optical axial angle / at the time of an image pick-up]

[0025] Step S4: Here, the inside MPU 17 of a camera judges the switch condition of amendment switch 17a. When amendment switch 17a is an OFF state, the inside MPU 17 of a camera shifts actuation to step S5. On the other hand, when amendment switch 17a is an ON state, actuation is shifted to step S7.

[0026] Step S5: The picture compression section 19 carries out picture compression of the image data, and generates a picture compression file.

[0027] Step S6: The record playback section 20 stores in the header unit of this picture compression file the lens information acquired at step S3. After such actuation, the inside MPU 17 of a camera omits the amendment processing of image data mentioned later, and shifts actuation to step S15.

[0028] Step S7: The image amendment section 18 acquires opening data out of the

lens information acquired at step S3. This opening data is the information about two or more locations and paths of a pupil (opening images which appear from an image space side, such as "a diaphragm", a "lens-barrel wall", and a "lens frame") which are optically formed in a taking lens 12. The image amendment section 18 computes the quantity of light distribution which arrives at an image pick-up side by passing two or more of these pupils in order, computes the correction factor which erases change of that quantity of light distribution inside, and creates an amendment table.

[0029] Hereafter, the view of the computation of this opening data is explained. Drawing 3 is drawing showing typically the physical relationship of the image pick-up side of an image sensor 13, and two pupils A1 and A2. In drawing 3, from an image pick-up side, only distance D1 separates and the pupil A1 of a radius r1 is arranged. Moreover, from an image pick-up side, only distance D2 separates and the pupil A2 of a radius r2 is arranged. Among this, the minute area ds is most considered on the coordinate on the outside pupil A2 (x2, y2). This minute area ds is made into the perfect diffuse surface of brightness Io. In this case, the brightness da (x y) which arrives at the pixel location on an image pick-up side (x y) from this minute area ds is [Equation 1].

$$da(x,y) = \frac{I_0 ds}{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 + D_2^2} \left(\frac{D_2}{\sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 + D_2^2}} \right)^2$$

$$= \frac{I_0 D_2^2 ds}{((x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 + D_2^2)^2} \dots [\text{式 1}]$$

It becomes. However, all the light that left this pupil A2 does not arrive at an image pick-up side. For example, since the light which left minute area ds' shown in drawing 3 is interrupted by the intermediate pupil A1, it does not arrive at the pixel location on an image pick-up side (x y). Then, it is [Equation 2] when the segment which connects the coordinate (x2, y2) of a pupil A2 and the pixel location (x y) of an image pick-up side searches for the coordinate (x1, y1) which crosses a pupil A1.

$$\begin{cases} x_1 = x + \frac{D_1}{D_2}(x_2 - x) \\ y_1 = y + \frac{D_1}{D_2}(y_2 - y) \end{cases} \dots [\text{式 2}]$$

It becomes. Brightness a (x y) of the pixel location on [the above formula to] an image pick-up side (x y) is [Equation 3].

$$a(x,y) = \int_{(x_2,y_2) \in A_2 \text{ and } (x_1,y_1) \in A_1} \frac{I_0 D_2^2}{((x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 + D_2^2)^2} dx_2 dy_2$$

$$\dots [\text{式 3}]$$

It becomes. In addition, the restriction of the integral range in an upper type prepares only the number of pupils. If abbreviation of the sensibility of an image sensor 13 is

equal, the above-mentioned brightness $a(x, y)$ will become the quantity of light distribution by which photo electric conversion is carried out to an image sensor 13. Then, the image amendment section 18 calculates this the [formula 3] by the analytical technique or the numerical technique, and asks for brightness $a(x, y)$ in two or more representation points (x, y) . (As long as there is no special situation of a taking lens 12 containing rectangle opening in addition, the above-mentioned brightness $a(x, y)$ becomes the optical-axis symmetry.) Then, what is necessary is to change image quantity and just to take dozens of number - points as the above-mentioned representation point. Moreover, it is still more desirable to ask image data for the quantity of light distribution which actually appears by seasoning with the nonlinear gradation transfer characteristic of an image sensor 13 and the signal-processing section 15 brightness $a(x, y)$ of the representation point searched for in this way.

The image amendment section 18 interpolates quantity of light distribution of the representation point searched for in this way, and carries out it to a unit required for amendment of a pixel unit. The image amendment section 18 computes the inverse number of this quantity of light distribution, and creates an amendment table in quest of the correction factor of limb darkening.

[0030] Next, the case where abbreviation of the sensibility according to direction of an image sensor 13 is not equal is explained. In this case, the value of the sensibility $S_{xy}(\epsilon, \phi)$ according to direction in the pixel location (x, y) of an image sensor 13 is observation ending beforehand, and is stored as a data table in the image amendment section 18. In addition, ϵ and ϕ are whenever [incident angle / of light], and as shown in drawing 4 , they are defined. ϵ and ϕ have the variable and the following relation in [a formula 1] whenever [this incident angle].

[Equation 4]

$$\begin{cases} \epsilon = \cos^{-1} \left(\frac{D2}{\sqrt{(x-x2)^2 + (y-y2)^2 + D2^2}} \right) \\ \phi = \cos^{-1} \left(\frac{y-y2}{\sqrt{(x-x2)^2 + (y-y2)^2}} \right) \end{cases} \quad \dots \text{[式 4]}$$

By taking into consideration such sensibility $S_{xy}(\epsilon, \phi)$ according to direction, brightness $a(x, y)$ of the pixel location on an image pick-up side (x, y) is [Equation 5].

$$a(x, y) = \int_{(x2, y2) \in A2 \text{ and } (x1, y1) \in A1} \frac{S_{xy}(\epsilon, \phi) I_0 D2^2}{((x-x2)^2 + (y-y2)^2 + D2^2)^2} dx2 dy2 \quad \dots \text{[式 5]}$$

It becomes. This brightness $a(x, y)$ becomes the quantity of light distribution by which photo electric conversion is carried out to an image sensor 13. Then, the image amendment section 18 calculates this the [formula 5] by the analytical technique or the numerical technique, and asks for brightness $a(x, y)$ in two or more representation

points (x y). (It is still more desirable to ask image data for the quantity of light distribution which actually appears by seasoning with the nonlinear gradation transfer characteristic of an image sensor 13 and the signal-processing section 15 brightness a (x y) of the representation point searched for still in this way.)

The image amendment section 18 interpolates quantity of light distribution of the representation point searched for in this way, and carries out it to a unit required for amendment of a pixel unit. The image amendment section 18 computes the inverse number of this quantity of light distribution, and creates an amendment table in quest of the correction factor of limb darkening. A series of above count approaches enable it to obtain the amendment table of limb darkening.

[0031] Step S8: The image amendment section 18 refers to the amendment table for which it asked as mentioned above based on the pixel location of image data, and obtains a correction factor one by one. The image amendment section 18 multiplies the pixel value of the pixel location where image data corresponds by this correction factor. Consequently, limb darkening of image data is amended.

[0032] Step S9: The image amendment section 18 acquires the data table D about distortion aberration (h) out of the lens information acquired at step S3. This data table D (h) is defined as follows from the image quantity h and the image quantity h0 of the ideal image point.

$D(h) = (h - h_0) / h_0$ drawing 5 is drawing in which distortion aberration was visible to and having shown relation with a data table D (h) the direction. In addition, such a data table D (h) is beforehand stored in every focal distance and photography distance (distance from the focus side of a photographic subject to an image pick-up side) at memory 12 in lens a in a taking lens 12. MPU 12 in lens b reads the data table D suitable for the focal distance and photography distance at the time of photography (h) from the inside of this memory, and transmits it as lens information in [MPU / 17] a camera.

[0033] Step S10: The image amendment section 18 is [Equation 6] about the image quantity h of each pixel location (x y) of image data.

$$h = \sqrt{(x - x_c)^2 + (y - y_c)^2} \quad \dots \text{[式 6]}$$

[ただし、(xc, yc)は光軸中心の画素位置]

*****. The image amendment section 18 is based on this image quantity h and data table D (h), and is [Equation 7].

$$\begin{cases} x' = \frac{x}{1 + D(h)} \\ y' = \frac{y}{1 + D(h)} \end{cases} \quad \dots \text{[式 7]}$$

It computes and asks for the ideal location (x', y') which eliminated the effect of

distortion aberration per pixel.

[0034] Step S11: The image amendment section 18 acquires the include angle theta of the lens optical axis at the time of photography out of the lens information acquired at step S3.

[0035] Step S12: Drawing 6 is drawing explaining the generating situation of a far and near distortion (distortion resulting from a far and near difference). Drawing 6 A is in the condition of the swing-and-tilt photography which used the so-called shift lens. In this case, since a photographic subject and an image pick-up side are maintained by parallel relation, a far and near distortion is not produced in a photographic subject image. On the other hand, drawing 6 B is in the condition currently photoed so that the usual taking lens 12 may be used and a photographic subject may be looked up at. In this case, since the parallel relation between a photographic subject and an image pick-up side collapses, a far and near distortion occurs in a photographic subject image. Drawing 7 is drawing which looked at the condition of drawing 6 B from the side. In this case, the effect of a far and near distortion can be eliminated by moving the pixel location (x', y') of h1' to the pixel location (x1', y1') of hO'. This pixel location (x1', y1') is [Equation 8].

$$\left\{ \begin{array}{l} x1' = x' \cdot \frac{\frac{s1 \cdot f}{s1 - f} \cos \theta}{\frac{s1 \cdot f}{s1 - f} \cos \theta - y' \sin \theta} \\ y1' = \frac{\frac{s1 \cdot f}{s1 - f} y'}{\frac{s1 \cdot f}{s1 - f} \cos \theta - y' \sin \theta} \end{array} \right. \dots [\text{式 8}]$$

[However, f is a focal distance and s1 is photographic subject distance.]

In addition, in $s1 \gg f$, it is [Equation 9] like a scenery photograph.

$$\left\{ \begin{array}{l} x1' = \frac{x' \cdot f \cos \theta}{f \cos \theta - y' \sin \theta} \\ y1' = \frac{f \cdot y'}{f \cos \theta - y' \sin \theta} \end{array} \right. \dots [\text{式 9}]$$

It can be alike and can approximate. Then, the image amendment section 18 substitutes the ideal location (x', y') for which the [formula 8] or the [formula 9] was asked at step S10, and asks for the ideal location (x1', y1') which eliminated the effect of a far and near distortion per pixel.

[0036] Step S13: The image amendment section 18 rearranges a pixel value based on the ideal location (x1', y1') of each pixel. At this time, the ideal location (x1', y1') of each pixel is not necessarily located in a line at equal intervals. Then, the image amendment section 18 prepares the new pixel location divided into the grid at equal

intervals, and determines the pixel value of the new pixel location by weighting addition (interpolation processing) of the pixel value of a nearby ideal location ($x1'$, $y1'$). The image data which eliminated the effect of limb darkening, distortion aberration, and a far and near distortion is generated by such amendment processing (S7-S13).

[0037] Step S14: The picture compression section 19 carries out picture compression of the image data after amendment processing, and generates a picture compression file.

[0038] Step S15: The record playback section 20 records a picture compression file on a memory card 21. Actuation of an electronic camera 11 is completed by a series of above actuation.

[0039] [Explanation of image-processing program] drawing 8 is a flow chart explaining the image-processing program executed by computer 31. Hereafter, an image-processing program is explained according to the step number of drawing 8.

[0040] Step S31: A computer 31 elongates a picture compression file and returns it to image data.

[0041] Step S32: A computer 31 judges whether the lens information for image data correction (what was stored at the above-mentioned step S6) exists in the header unit of a picture compression file. Here, when lens information does not exist, a computer 31 ends actuation, without performing amendment processing. On the other hand, when lens information exists, a computer 31 shifts actuation to step S37.

[0042] Steps S33-S39: A computer 31 performs the same amendment processing as steps S7-S13 mentioned above based on the lens information acquired from the picture compression file. In addition, about detailed explanation, it supposes that the above-mentioned explanation of steps S7-S13 is referred to, and explanation here is omitted.

[0043] By a series of above actuation, amendment processing is automatically carried out by the computer 31 side to the compression image file which did not perform amendment processing with an electronic camera 11.

[0044] With a [effectiveness etc. books of this operation gestalt] operation gestalt, the exact quantity of light distribution which took into consideration ***** of a taking lens and the effect of the 4th power rule of cosine based on opening data is computed. Therefore, it becomes possible to amend limb darkening correctly.

[0045] Moreover, with this operation gestalt, distortion aberration amendment is performed based on the table data D of distortion aberration (h). Therefore, it becomes possible to amend certainly also about complicated distortion of a slack type, a not only simple distortion like a spool mold but a military hat mold, etc., etc.

[0046] Furthermore, a far and near distortion is amended with this operation gestalt. Therefore, it becomes possible to obtain simply image data without a far and near distortion, without using special lenses, such as a shift lens.

[0047] Moreover, in an electronic camera 11, amendment processing can be forbidden

by amendment switch 17a. In this case, an electronic camera 11 records the lens information for image data correction on a picture compression file. Therefore, in an electronic camera 11 side, it becomes possible to carry out image pick-up actuation quickly, without consuming time amount to amendment processing of image data. On the other hand, in a computer 31 side, amendment processing based on the lens information in a file is carried out to a non-processed amendment compression image file. Therefore, especially in a computer 31 side, time and effort, like a user does the directions input of the amount of amendments is not taken, but it becomes possible to carry out amendment processing simply and proper.

[0048] Furthermore, an electronic camera 11 acquires lens information from the taking lens 12 under wearing. Therefore, it becomes possible for an electronic camera 11 to correspond to a variety of interchangeable lenses flexibly, and to always amend image data proper.

[0049] Moreover, with this operation gestalt, amendment processing is performed according to the priority of ** limb-darkening amendment, ** distortion aberration amendment, and ** distance distortion amendment. In this case, the configuration of limb darkening is distorted by location amendment of a pixel location, or it becomes possible to avoid fault, like distortion aberration is intricately distorted by amendment of a far and near distortion.

[0050] Furthermore, with this operation gestalt, only location count performs interpolation processing of a pixel value for location amendment of distortion aberration, and location amendment of a far and near distortion based on a deed and a final ideal location (x_1' , y_1'). Therefore, image degradation accompanying repeating location amendment of a pixel location can be suppressed as much as possible.

[0051] With the operation gestalt which is [the supplementary matter of this operation gestalt] and which was mentioned above, whenever [data table / about ** opening data and ** distortion aberration / $D(h)$ and optical axial angle / at the time of ** image pick-up / θ], the ** focal distance f , and ** photographic subject distance s_1 are acquired from the taking-lens 12 side as lens information. However, this invention is not limited to this. For example, of course about the lens information directed to the taking-lens 12 side from the electronic camera 11 side, there is no need of acquiring from a taking-lens 12 side anew. Moreover, of course, it does not matter by carrying an attitude sensor etc. in an electronic camera 11 side even if it detects θ whenever [optical axial angle] by the electronic camera 11 side.

[0052] Moreover, the operation gestalt mentioned above explained the case where an electronic camera 11 continued in image pick-up actuation, and amendment processing was performed. However, this invention is not limited to this. For example, in order to shorten spacing which can be photoed as much as possible, at the time of an image pick-up, only record of image data and lens information may be performed. In this case, it is desirable that an electronic camera 11 performs amendment processing

to image data later using the idle time of image pick-up actuation etc.

[0053] In addition, with the operation gestalt mentioned above, acquisition of lens information and count of a correction factor are performed for every image data. However, this invention is not limited to this. For example, the electronic camera 11 and the computer 31 memorize the lens information and the correction factor which were used once, and may reuse this stored data to amendment processing of another image data. In this case, it becomes possible to shorten the time amount of amendment processing of the 2nd henceforth.

[0054] Moreover, in the operation gestalt mentioned above, it is desirable to prepare the recording mode of RAW data (an image processing is hardly added by the electronic camera side, but it is image data near immediately after the A/D conversion of an image sensor output) in an electronic camera side. In the recording mode of this RAW data, it is desirable to include lens information in the image file of RAW data, without performing amendment processing based on lens information. In addition, the case where lens information is included in the image file of this RAW data in the computer side (image-processing program side) -- the image processings only for these RAW data (color interpolation processing etc.) -- in addition, it is desirable to carry out additional implementation of the amendment processing based on lens information.

[0055]

[Effect of the Invention] <<claim 1>> An electronic camera according to claim 1 amends limb darkening of image data based on the lens information about limb darkening of a taking lens. Therefore, it asks for the degree of limb darkening produced in image data based on lens information, and it becomes possible to determine the amount of amendments of proper limb darkening automatically. Therefore, there is especially no need that a user adjusts the amount of amendments in detail, and amendment processing of limb darkening does not take time and effort compared with the former.

[0056] <<claim 2>> An electronic camera according to claim 2 acquires the opening data about two or more locations and paths of a pupil which are optically formed in a taking lens as lens information. An electronic camera searches for the quantity of light distribution on an image pick-up side from this opening data. The quantity of light distribution on this image pick-up side serves as exact data in consideration of ***** of a taking lens, and the effect of the 4th power rule of cosine. An electronic camera amends the luminance distribution of image data in the direction which erases this quantity of light distribution inside. Consequently, it becomes possible to amend limb darkening still more proper.

[0057] <<claim 3>> An electronic camera according to claim 3 amends the distortion aberration of image data based on the lens information about the distortion aberration of a taking lens. Therefore, it asks for the degree of the distortion aberration produced

in image data based on lens information, and it becomes possible to determine the amount of amendments of proper distortion aberration automatically. Therefore, there is especially no need that a user adjusts the amount of amendments in detail, and amendment processing of distortion aberration does not take time and effort compared with the former.

[0058] <<claim 4>> An electronic camera according to claim 4 acquires the correspondence relation between "the image quantity h of a taking lens", and the "image quantity h_0 of the ideal image point" as lens information. In order that the photographic subject light which penetrated the taking lens may carry out image formation of the place which should be carried out image formation to the image quantity h_0 to the image quantity h , distortion aberration, such as a slack type, a spool mold, and a military hat, arises. Then, an electronic camera carries out location amendment of the pixel location in the direction as for which the image quantity h carries out abbreviation coincidence at the image quantity h_0 based on this correspondence relation. Consequently, it becomes possible to amend distortion aberration still more proper.

[0059] <<claim 5>> An electronic camera according to claim 5 amends the far and near distortion of image data based on the lens information about the far and near distortion of a taking lens. Therefore, it asks for the degree of a far and near distortion produced in image data based on lens information, and it becomes possible to determine automatically the amount of amendments of a proper far and near distortion. Therefore, there is especially no need that a user adjusts the amount of amendments in detail, and amendment processing of a far and near distortion does not take time and effort compared with the former.

[0060] <<claim 6>> An electronic camera according to claim 6 acquires the include angle of the lens optical axis at the time of photography as lens information. An electronic camera asks for a far and near distortion produced from this include angle on an image pick-up side. For example, it can ask for the direction of a screen where a photographic subject becomes narrower from this judgment, or the degree which becomes narrower. An electronic camera carries out location amendment of the pixel location of image data in the direction which erases the effect of this far and near distortion inside. Consequently, it becomes possible for the far and near distortion of image data to stop being conspicuous, and to amend a far and near distortion still more proper.

[0061] <<claim 7>> An electronic camera according to claim 7 is equipped with the operating member which forbids amendment processing of the amendment section. This operating member enables [whether a user performs amendment processing of the amendment section, and] it to choose free. in addition, when amendment processing is forbidden, as for an electronic camera, it is desirable to memorize lens information which was due to be used for amendment processing together with an

image file (or an image file -- to include). In this case, it becomes possible to take out lens information afterwards and to perform proper amendment processing to image data.

[0062] <<claim 8>> An electronic camera according to claim 8 includes the lens information used for amendment processing of image data in an image file. Therefore, it becomes possible to take out lens information afterwards and to perform proper amendment processing to image data.

[0063] <<claim 9>> An electronic camera according to claim 9 is exchanged in a taking lens. In this case, an electronic camera performs an information communication link with the taking lens under wearing, and acquires the lens information used for amendment of image data. Therefore, even if exchanged in a taking lens, it enables an electronic camera to perform amendment processing which suited the taking lens under wearing. Moreover, the time and effort of a user also adjusting the amount of amendments of amendment processing whenever it exchanges taking lenses in detail becomes unnecessary.

[0064] <<claim 10>> An electronic camera according to claim 10 performs amendment processing according to the priority of ** limb-darkening amendment, ** distortion aberration amendment, chromatic-aberration-of-magnification amendment, and ** distance distortion amendment. Hereafter, the fault when not following the above-mentioned priority is explained. First, when either of the ****s is amended before amendment of **, the circle configuration of limb darkening in a screen will be distorted by location amendment of a pixel location. Therefore, exact limb-darkening amendment becomes difficult. Moreover, when ** is amended before amendment of **, the configuration of the distortion aberration in a screen (or chromatic aberration of magnification) will be intricately distorted by amendment of a far and near distortion. Therefore, exact distortion aberration amendment (or chromatic-aberration-of-magnification amendment) becomes difficult. Therefore, by performing amendment processing according to the priority of *****, the above-mentioned fault is avoided certainly and it becomes possible to acquire the good amendment effectiveness. In addition, about distortion aberration amendment and chromatic-aberration-of-magnification amendment, since both are location amendments of image quantity, amending together, without establishing priority is desirable. That is, distortion aberration and the chromatic aberration of magnification can be amended in the unit of a color component at coincidence by carrying out location amendment of the actual image quantity to ideal image quantity.

[0065] <<claim 11>> By executing an image-processing program according to claim 11 by computer, it becomes possible to perform proper amendment processing to the image data in an image file based on the lens information recorded in the image file.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing an electronic camera 11 and a computer 31.

[Drawing 2] It is a flow chart explaining actuation of an electronic camera 11.

[Drawing 3] It is drawing showing typically the image pick-up side of an image sensor 13, and physical relationship with two or more pupils.

[Drawing 4] It is drawing showing the definition of the include angles epsilon and phi of the sensibility according to direction.

[Drawing 5] It is drawing in which distortion aberration was visible to and having shown relation with a data table D (h) the direction.

[Drawing 6] It is drawing explaining the generating situation of a far and near distortion.

[Drawing 7] It is drawing which looked at the situation of drawing 6 B from the side.

[Drawing 8] It is the flow chart of an image-processing program.

[Description of Notations]

11 Electronic Camera

12 Taking Lens

12a Memory in a lens

12b Inside MPU of a lens

12c Lens communication link contact

13 Image Sensor

14 A/D-Conversion Section

15 Signal-Processing Section

16 Bus

16a Memory

17 Inside MPU of Camera

17a Amendment switch

18 Image Amendment Section

19 Picture Compression Section

20 Record Playback Section

21 Memory Card

22 External Interface

31 Computer

32 Record Medium of Image-Processing Program

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-190979

(P2002-190979A)

(43)公開日 平成14年7月5日(2002.7.5)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード*(参考)

H 0 4 N 5/228

H 0 4 N 5/228

Z 2 H 0 0 2

G 0 3 B 7/20

G 0 3 B 7/20

2 H 0 5 4

19/02

19/02

5 B 0 5 7

G 0 6 T 3/00

2 0 0

G 0 6 T 3/00

2 0 0

5 C 0 2 2

// H 0 4 N 101:00

H 0 4 N 101:00

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 11 頁)

(21)出願番号

特願2000-386835(P2000-386835)

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(22)出願日

平成12年12月20日(2000. 12. 20)

(72)発明者 国場 英康

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(74)代理人 100072718

弁理士 古谷 史旺

Fターム(参考) 2H002 EB11 EB13

2H054 AA01 BB11

5B057 CA01 CA08 CA12 CA16 CB01

CB08 CB12 CB16 CC01 CD12

CE16 CH11 CH18

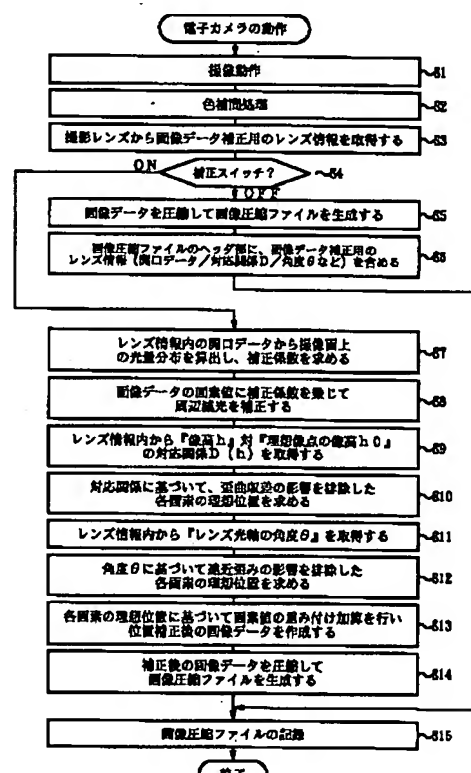
5C022 AA13 AB68 AC54 AC69

(54)【発明の名称】 電子カメラ、および画像処理プログラムの記録媒体

(57)【要約】

【課題】 本発明は、電子カメラ（または画像処理プログラム）に関し、撮影レンズに起因する画像データの補正処理を自動的に行うことを目的とする。

【解決手段】 撮影レンズを介して撮像面上に形成される被写体像を撮像して、画像データを生成する撮像部と、撮影レンズの周辺減光に関するレンズ情報に基づいて、画像データの周辺減光などを補正する補正部とを備えて、電子カメラを構成する。



データを処理する場合、撮影時に使用した撮影レンズの種類によって補正量や補正項目が多岐にわたるため、面倒な作業になるという問題点があった。

【0004】また、従来の画像処理プログラムでは、ユーザーが補正処理の順序を自由に決定する。そのため、補正処理が不適切な順序で行われるおそれがあった。もし、不適切な順序で複数の補正がなされた場合、画像に修復不可能な複雑な歪みを与えてしまうなどの問題点があった。そこで、本発明の目的は、画像データの補正量を適正に決定する電子カメラを提供することである。また、本発明の他の目的は、画像データの補正量を適正に決定する画像処理プログラムおよびその記録媒体を提供することである。また、本発明の他の目的は、画像データの補正処理の順序を適正に決定することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】上述した課題を解決するため、各請求項の発明は下記のように構成される。

【0006】《請求項1》請求項1に記載の発明は、撮影レンズを介して撮像面上に形成される被写体像を撮像して、画像データを生成する撮像部と、撮影レンズの周辺減光に関するレンズ情報に基づいて、画像データの周辺減光を補正する補正部とを備えたことを特徴とする。

【0007】《請求項2》請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の電子カメラにおいて、レンズ情報は、撮影レンズに光学的に形成される複数の瞳の位置および径に関する開口データであり、補正部は、開口データに基づいて、複数の瞳を介して撮像面に到達する光量分布を算出し、光量分布をうち消す方向へ画像データの輝度分布を補正することを特徴とする。

【0008】《請求項3》請求項3に記載の発明は、撮影レンズを介して撮像面上に形成される被写体像を撮像して、画像データを生成する撮像部と、撮影レンズの歪曲収差に関するレンズ情報に基づいて、画像データの歪曲収差を補正する補正部とを備えたことを特徴とする。

【0009】《請求項4》請求項4に記載の発明は、請求項3に記載の電子カメラにおいて、レンズ情報は、「撮影レンズの像高 h 」と「理想像点の像高 h_0 」との対応関係であり、補正部は、対応関係に基づいて像高 h が像高 h_0 に略一致する方向に、画像データの画素位置を位置補正することを特徴とする。

【0010】《請求項5》請求項5に記載の発明は、撮影レンズを介して撮像面上に形成される被写体像を撮像して、画像データを生成する撮像部と、撮影レンズの遠近歪みに関するレンズ情報に基づいて、画像データの遠近歪みを補正する補正部とを備えたことを特徴とする。

【0011】《請求項6》請求項6に記載の発明は、請求項5に記載の電子カメラにおいて、レンズ情報は、撮影時のレンズ光軸の角度に関するレンズ情報であり、補正部は、レンズ光軸の角度に基づいて、画像データに生

位置補正することを特徴とする。

【0012】《請求項7》請求項7に記載の発明は、請求項1ないし請求項6のいずれか1項に記載の電子カメラにおいて、補正部による画像データの補正処理を禁止する補正禁止用の操作部材を備えたことを特徴とする。

【0013】《請求項8》請求項8に記載の発明は、撮影レンズを介して撮像面上に形成される被写体像を撮像して、画像データを生成する撮像部と、撮影レンズの周辺減光、歪曲収差、および遠近歪みの少なくとも一つに関するレンズ情報と、撮像部で生成された画像データとを併せて画像ファイルを生成するファイル生成部とを備えたことを特徴とする。

【0014】《請求項9》請求項9に記載の発明は、請求項1ないし請求項8のいずれか1項に記載の電子カメラにおいて、撮影レンズは、交換可能なレンズであり、電子カメラに装着された撮影レンズと情報通信を行って、レンズ情報を撮影レンズ側から取得する情報取得部を備えたことを特徴とする。

【0015】《請求項10》請求項10に記載の発明は、撮影レンズを介して撮像面上に形成される被写体像を撮像して、画像データを生成する撮像部と、画像データに対して、周辺減光補正、歪曲収差補正、倍率色収差補正、および遠近歪み補正の内の少なくとも2つを施す補正部とを備え、補正部は、画像データに施す補正を、①周辺減光補正、②歪曲収差補正、倍率色収差補正、③遠近歪み補正の優先順位で行うことを特徴とする。

【0016】《請求項11》請求項11に記載の記録媒体には、コンピュータを、画像ファイルから画像データを読み出す画像データ取得部と、画像ファイルから、周辺減光、歪曲収差、倍率色収差、および遠近歪みの少なくとも一つに関するレンズ情報を読み出す情報取得部と、画像ファイルから取得したレンズ情報に基づいて、画像データを補正する補正部として機能させるための画像処理プログラムが記録される。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、図面に基づいて、請求項1～11にかかる実施形態を説明する。図1は、電子カメラ11およびコンピュータ31を示す図である。図1において、電子カメラ11には、交換可能な撮影レンズ12が装着される。この撮影レンズ12には、レンズ情報等を記憶するレンズ内メモリ12a、およびレンズ内のシステム制御を行うレンズ内MPU12bが内蔵される。一方、撮影レンズ12の像空間には、撮像素子13の撮像面が配置される。撮像素子13の出力は、A/D変換部14および信号処理部15を介して、バス16に接続される。

【0018】このバス16には、下記の構成が接続される。

①システム制御用のカメラ内MPU (Micro Processor

- ②画像データなどを記憶するためのメモリ16a
- ③画像データに補正処理を施す画像補正部18
- ④画像データを圧縮する画像圧縮部19
- ⑤メモリカード21の記録処理および再生処理を行う記録再生部20
- ⑥外部のコンピュータ31との間でデータのやり取りするための外部インターフェース22

なお、カメラ内MPU17は、レンズマウント部に設けられたレンズ通信接点12cを介して、レンズ内MPU12bとデータ通信を行う。また、電子カメラ11には、補正処理のオン/オフ設定を行うための補正スイッチ17aが設けられる。この補正スイッチ17aのスイッチ出力は、カメラ内MPU17に入力される。

【0019】[本発明との対応関係] 以下、上述した本実施形態の構成と本発明との対応関係について説明する。なお、ここでの対応関係は、参考のために一解釈を例示するものであり、本発明を徒らに限定するものではない。

【0020】請求項1～6の記載事項と本実施形態との対応関係については、撮像部は撮像素子13に対応し、補正部は画像補正部18に対応する。請求項7の記載事項と本実施形態との対応関係については、操作部材は補正スイッチ17aに対応する。請求項8の記載事項と本実施形態との対応関係については、撮像部は撮像素子13に対応し、ファイル生成部は画像圧縮部19および記録再生部20に対応する。請求項9の記載事項と本実施形態との対応関係については、撮影レンズは撮影レンズ12に対応し、情報取得部はカメラ内MPU17に対応する。請求項10の記載事項と本実施形態との対応関係については、撮像部は撮像素子13に対応し、補正部は画像補正部18に対応する。請求項11の記載事項と本実施形態との対応関係については、コンピュータはコンピュータ31に対応し、記録媒体は、図1に示す記録媒体32、またはコンピュータ31内のハードディスクもしくはシステムメモリに対応する。

【0021】[電子カメラ11の動作説明] 図2は、電子カメラ11の動作を説明する流れ図である。以下、図2に示すステップ番号の順番に、電子カメラ11の動作を説明する。

【0022】ステップS1： 電子カメラ11のレリーズ釦（不図示）の操作に応じて、カメラ内MPU17は、撮像素子13および撮影レンズ12を制御して、撮像動作を行う。この撮像動作により、撮像素子13からは、画像データが順次出力される。この画像データは、A/D変換部14を介してデジタル化された後、信号処理部15に与えられる。信号処理部15は、この画像データに対して、ガンマ補正、黒レベル補正などをリアルタイムに施した後、処理後の画像データをメモリ16aに一旦蓄積する。

【0023】ステップS2： 信号処理部15は、このメモリ16a内の画像データに対して色補間処理を逐一施し、RGBの色成分が全画素揃った画像データを生成する。

【0024】ステップS3： カメラ内MPU17は、撮影レンズ12側のレンズ内MPU12bと通信を行い、画像データの補正処理に使用するレンズ情報を取得する。このレンズ情報は、下記のようなデータ群から構成される。

- ①撮像時の開口データ
- ②撮像時の歪曲収差に関するデータテーブルD(h)
- ③撮像時の光軸角度 θ
- ④撮像時の焦点距離f
- ⑤撮像時のレンズ位置から求めた被写体距離s1（被写体のピント面から撮影レンズ12の前側主点までの距離）

【0025】ステップS4： ここで、カメラ内MPU17は、補正スイッチ17aのスイッチ状態を判定する。もしも補正スイッチ17aがオフ状態の場合、カメラ内MPU17はステップS5に動作を移行する。一方、補正スイッチ17aがオン状態の場合、ステップS7に動作を移行する。

【0026】ステップS5： 画像圧縮部19は、画像データを画像圧縮して、画像圧縮ファイルを生成する。

【0027】ステップS6： 記録再生部20は、ステップS3で得たレンズ情報を、この画像圧縮ファイルのヘッダ部に格納する。このような動作の後、カメラ内MPU17は、後述する画像データの補正処理を省略して、ステップS15に動作を移行する。

【0028】ステップS7： 画像補正部18は、ステップS3で得たレンズ情報の中から、開口データを取得する。この開口データは、撮影レンズ12に光学的に形成される複数の瞳（像空間側から見える「絞り」や「鏡筒内壁」や「レンズ枠」などの開口像）の位置および径に関する情報である。画像補正部18は、この複数の瞳を順番に通過して、撮像面に到達する光量分布を算出し、その光量分布の変化をうち消す補正係数を算出して、補正テーブルを作成する。

【0029】以下、この開口データの計算処理の考え方について説明する。図3は、撮像素子13の撮像面と、2つの瞳A1、A2との位置関係を模式的に示す図である。図3では、半径r1の瞳A1が、撮像面から距離D1だけ離れて配置される。また、半径r2の瞳A2が、撮像面から距離D2だけ離れて配置される。この内、一番外側の瞳A2上の座標(x2, y2)に微小面積dsを考える。この微小面積dsを輝度Ioの完全拡散面とする。この場合、この微小面積dsから撮像面上の画素位置(x, y)に到達する明るさda(x, y)は、

【数1】

$$da(x,y) = \frac{I_0 ds}{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 + D_2^2} \left(\frac{D_2}{\sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 + D_2^2}} \right)^2$$

$$= \frac{I_0 D_2^2 ds}{((x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 + D_2^2)^2} \quad \dots \text{【式1】}$$

となる。しかしながら、この瞳A2から出発した光が、全て撮像面に到達する訳ではない。例えば、図3中に示す微小面積 ds' から出発した光は、途中の瞳A1によって遮られるため、撮像面上の画素位置 (x, y) には到達しない。そこで、瞳A2の座標 (x_2, y_2) と撮像面の画素位置 (x, y) とを結ぶ線分が、瞳A1と交わる座標 (x_1, y_1) を求めると、

【数2】

$$\begin{cases} x_1 = x + \frac{D_1}{D_2}(x_2 - x) \\ y_1 = y + \frac{D_1}{D_2}(y_2 - y) \end{cases} \quad \dots \text{【式2】}$$

となる。以上の式から、撮像面上の画素位置 (x, y) の明るさ $a(x, y)$ は、

【数3】

$$a(x,y) = \int_{(x_2, y_2) \in A2 \text{ and } (x_1, y_1) \in A1} \frac{I_0 D_2^2}{((x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 + D_2^2)^2} dx_2 dy_2$$

$$\dots \text{【式3】}$$

となる。なお、上式中の積分範囲の制限条件は、瞳の数だけ用意する。撮像素子13の感度が略均等であれば、上記の明るさ $a(x, y)$ が、撮像素子13に光電変換される光量分布となる。そこで、画像補正部18は、この【式3】を解析的手法や数値的手法により計算し、複数の代表点 (x, y) における明るさ $a(x, y)$ を求める。(なお、撮影レンズ12が矩形開口を内蔵するなどの特殊な事情がない限り、上記の明るさ $a(x, y)$ は光軸対称となる。そこで、上記の代表点としては、像高を変えて数〜数十点とればよい。また、このように求めた代表点の明るさ $a(x, y)$ に、撮像素子13および信号処理部15の非線形な階調変換特性を加味することにより、画像データに実際に現れる光量分布を求めることが更に好ましい。)

画像補正部18は、このように求めた代表点の光量分布を補間して、画素単位の補正に必要な刻みにする。画像補正部18は、この光量分布の逆数を算出して、周辺減光の補正係数を求めて補正テーブルを作成する。

【0030】次に、撮像素子13の方向別感度が略均等でない場合について説明する。この場合は、撮像素子13の画素位置 (x, y) における方向別感度 $S_{xy}(\epsilon, \phi)$ の値が予め実測済みであり、画像補正部18内にデータテーブルとして格納されている。なお、 ϵ, ϕ は光の入射角度であり、図4に示すように定義付けられる。この入射角度 ϵ, ϕ は、【式1】中の変数と次のような関係を有する。

【数4】

$$\begin{cases} \epsilon = \cos^{-1} \left(\frac{D_2}{\sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 + D_2^2}} \right) \\ \phi = \cos^{-1} \left(\frac{y-y_2}{\sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2}} \right) \end{cases} \quad \dots \text{【式4】}$$

このような方向別感度 $S_{xy}(\epsilon, \phi)$ を考慮することにより、撮像面上の画素位置 (x, y) の明るさ $a(x, y)$ は、

【数5】

$$a(x,y) = \int_{(x_2, y_2) \in A2 \text{ and } (x_1, y_1) \in A1} \frac{S_{xy}(\epsilon, \phi) I_0 D_2^2}{((x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 + D_2^2)^2} dx_2 dy_2$$

$$\dots \text{【式5】}$$

となる。この明るさ $a(x, y)$ が、撮像素子13に光電変換される光量分布となる。そこで、画像補正部18は、この【式5】を解析的手法や数値的手法により計算し、複数の代表点 (x, y) における明るさ $a(x, y)$ を求める。(なお、このように求めた代表点の明るさ $a(x, y)$ に、撮像素子13および信号処理部15の非線形な階調変換特性を加味することにより、画像データに実際に現れる光量分布を求めることが更に好ましい。)

画像補正部18は、このように求めた代表点の光量分布を補間して、画素単位の補正に必要な刻みにする。画像補正部18は、この光量分布の逆数を算出して、周辺減光の補正係数を求めて補正テーブルを作成する。以上の一連の計算方法により、周辺減光の補正テーブルを得る。

【0031】ステップS8： 画像補正部18は、上記のように求めた補正テーブルを画像データの画素位置に基づいて参照して、補正係数を順次を得る。画像補正部18は、この補正係数を画像データの該当する画素位置の画素値に乘じる。その結果、画像データの周辺減光が補正される。

【0032】ステップS9： 画像補正部18は、ステップS3で得たレンズ情報の中から、歪曲収差に関するデータテーブルD(h)を取得する。このデータテーブルD(h)は、像高hと理想像点の像高h0とから次のように定義される。

$$D(h) = (h - h_0) / h_0$$

図5は、歪曲収差の見え方とデータテーブルD(h)との関係を示した図である。なお、撮影レンズ12内のレンズ内メモリ12aには、このようなデータテーブルD(h)が、焦点距離および撮影距離（被写体のピント面から撮像面までの距離）毎に予め格納されている。レンズ内MPU12bは、このメモリ内から、撮影時の焦点距離および撮影距離に合ったデータテーブルD(h)を読み出し、カメラ内MPU17にレンズ情報として伝達する。

【0033】ステップS10： 画像補正部18は、画像データの各画素位置(x, y)の像高hを、

【数6】

$$h = \sqrt{(x - xc)^2 + (y - yc)^2} \quad \dots \text{【式6】}$$

【ただし、(xc, yc)は光軸中心の画素位置】

を用いて求める。画像補正部18は、この像高hとデータテーブルD(h)とに基づいて、

【数7】

$$\begin{cases} x' = \frac{x}{1 + D(h)} \\ y' = \frac{y}{1 + D(h)} \end{cases} \quad \dots \text{【式7】}$$

を算出し、歪曲収差の影響を排除した理想位置(x', y')を画素単位に求める。

【0034】ステップS11： 画像補正部18は、ステップS3で得たレンズ情報の中から、撮影時のレンズ光軸の角度θを取得する。

【0035】ステップS12： 図6は、遠近歪み（遠近差に起因する歪み）の発生状況を説明する図である。図6Aは、いわゆるシフトレンズを使用したアオリ撮影の状態である。この場合、被写体と撮像面が平行関係に維持されるため、被写体像に遠近歪みは生じない。一方、図6Bは、通常の撮影レンズ12を使用して、被写体を見上げるように撮影している状態である。この場合、被写体と撮像面の平行関係が崩れるため、被写体像に遠近歪みが発生する。図7は、図6Bの状態を側方から見た図である。この場合、x'の画素位置(x', y')

を、h0'の画素位置(x1', y1')に移動することにより、遠近歪みの影響を排除することができる。この画素位置(x1', y1')は、

【数8】

$$\begin{cases} x1' = x' \cdot \frac{s1 \cdot f \cos \theta}{s1 - f} \\ y1' = \frac{s1 \cdot f \cos \theta - y' \sin \theta}{s1 - f} \end{cases} \quad \dots \text{【式8】}$$

【ただし、fは焦点距離であり、s1は被写体距離である】

なお、風景写真のようにs1 ≫ fの場合は、

【数9】

$$\begin{cases} x1' = \frac{x' \cdot f \cos \theta}{f \cos \theta - y' \sin \theta} \\ y1' = \frac{f \cdot y'}{f \cos \theta - y' \sin \theta} \end{cases} \quad \dots \text{【式9】}$$

に近似することができる。そこで、画像補正部18は、【式8】もしくは【式9】に、ステップS10で求めた理想位置(x', y')を代入し、遠近歪みの影響を排除した理想位置(x1', y1')を画素単位に求める。

【0036】ステップS13： 画像補正部18は、各画素の理想位置(x1', y1')に基づいて、画素値の再配置を行う。このとき、各画素の理想位置(x1', y1')は必ずしも等間隔にならばない。そこで、画像補正部18は、等間隔の升目に区切った新しい画素位置を用意し、その新画素位置の画素値を、近傍の理想位置(x1', y1')の画素値の重み付け加算（補間処理）により決定する。このような補正処理（S7～S13）により、周辺減光、歪曲収差および遠近歪みの影響を排除した画像データが生成される。

【0037】ステップS14： 画像圧縮部19は、補正処理後の画像データを画像圧縮して、画像圧縮ファイルを生成する。

【0038】ステップS15： 記録再生部20は、画像圧縮ファイルをメモリカード21に記録する。以上の一連の動作により、電子カメラ11の動作が完了する。

【0039】【画像処理プログラムの説明】図8は、コンピュータ31によって実行される画像処理プログラムを説明する流れ図である。以下、図8のステップ番号に従って、画像処理プログラムの説明を行う。

【0040】ステップS31： コンピュータ31は、画像圧縮ファイルを伸張して画像データに戻す。

【0041】ステップS32： コンピュータ31は、画像圧縮ファイルの伸張データから、画像データを生成する。

レンズ情報（上記のステップS6で格納されたもの）が存在するか否かを判定する。ここで、レンズ情報が存在しない場合、コンピュータ31は、補正処理を行わずに、動作を終了する。一方、レンズ情報が存在した場合、コンピュータ31は、ステップS37に動作を移行する。

【0042】ステップS33～S39：コンピュータ31は、画像圧縮ファイルから取得したレンズ情報に基づいて、上述したステップS7～S13と同一の補正処理を行う。なお、詳細な説明については、ステップS7～S13の上記説明を参照することとし、ここでの説明を省略する。

【0043】以上の一連の動作により、電子カメラ11で補正処理を行わなかった圧縮画像ファイルに対して、コンピュータ31側で補正処理が自動的に実施される。

【0044】[本実施形態の効果など] 本実施形態では、開口データに基づいて撮影レンズの口径蝕およびコサイン4乗則の影響を考慮した正確な光量分布を算出する。したがって、周辺減光を正確に補正することが可能になる。

【0045】また、本実施形態では、歪曲収差のテーブルデータD(h)に基づいて、歪曲収差補正を行う。したがって、樽型や糸巻き型のような単純な歪曲に限らず、陣笠型などの複雑な歪曲についても確実に補正することが可能になる。

【0046】さらに、本実施形態では、遠近歪みを補正する。したがって、シフトレンズなどの特殊レンズを使用することなく、遠近歪みのない画像データを簡易に得ることが可能になる。

【0047】また、電子カメラ11では補正スイッチ17aにより補正処理を禁止することができる。この場合、電子カメラ11は、画像データ補正用のレンズ情報を、画像圧縮ファイルに記録する。したがって、電子カメラ11側では、画像データの補正処理に時間を消費することなく、撮像動作を迅速に実施することが可能になる。一方、コンピュータ31側では、補正未処理の圧縮画像ファイルに対して、ファイル内のレンズ情報に基づく補正処理を実施する。したがって、コンピュータ31側では、ユーザーが補正量を特に指示入力するなどの手間がかからず、簡単かつ適正に補正処理を実施することが可能になる。

【0048】さらに、電子カメラ11は、装着中の撮影レンズ12からレンズ情報を取得する。したがって、電子カメラ11は、多種多様な交換レンズに柔軟に対応して、画像データを常に適正に補正することが可能になる。

【0049】また、本実施形態では、①周辺減光補正、②歪曲収差補正、③遠近歪み補正の優先順位に従って、補正処理を行う。この場合、画素位置の位置補正によって周辺減光の形状が歪んだり、遠近歪みの補正によって

になる。

【0050】さらに、本実施形態では、歪曲収差の位置補正と、遠近歪みの位置補正とを位置計算でのみ行い、最終的な理想位置($x1'$, $y1'$)に基づいて画素値の補間処理を行う。したがって、画素位置の位置補正を繰り返すことに伴う画像劣化を極力抑えることができる。

【0051】[本実施形態の補正事項] なお、上述した実施形態では、撮影レンズ12側からレンズ情報として①開口データ、②歪曲収差に関するデータテーブルD

(h)、③撮像時の光軸角度 θ 、④焦点距離 f 、および⑤被写体距離 s 1を取得している。しかしながら、本発明は、これに限定されるものではない。例えば、電子カメラ11側から撮影レンズ12側に指示したレンズ情報については、撮影レンズ12側から改めて取得する必要は勿論ない。また、電子カメラ11側に姿勢センサなどを搭載することにより、電子カメラ11側で光軸角度 θ を検出しても勿論かまわない。

【0052】また、上述した実施形態では、電子カメラ11が撮像動作に継続して補正処理を行う場合について説明した。しかしながら、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、撮影可能間隔を極力短縮するために、撮像時には、画像データおよびレンズ情報の記録のみを行ってもよい。この場合、電子カメラ11が、撮像動作の空き時間などを利用して、画像データに補正処理を後から施すことが好ましい。

【0053】なお、上述した実施形態では、画像データごとにレンズ情報の取得や補正係数の計算を行っている。しかしながら、本発明は、これに限定されるものではない。例えば、電子カメラ11やコンピュータ31が、一回使用したレンズ情報や補正係数を記憶しておき、この記憶データを別の画像データの補正処理に再利用してもよい。この場合、2回目以降の補正処理の時間を短縮することが可能になる。

【0054】また、上述した実施形態において、RAWデータ（電子カメラ側で画像処理を殆ど加えず、撮像素子出力のA/D変換直後に近い画像データ）の記録モードを電子カメラ側に設けておくことが好ましい。このRAWデータの記録モードでは、レンズ情報に基づく補正処理を行わずに、レンズ情報をRAWデータの画像ファイルに含めることが好ましい。なお、コンピュータ側（画像処理プログラム側）では、このRAWデータの画像ファイルにレンズ情報が含まれていた場合、このRAWデータ専用の画像処理（色補間処理など）に加えて、レンズ情報に基づく補正処理を追加実施することが好ましい。

【0055】

【発明の効果】《請求項1》請求項1に記載の電子カメラは、撮影レンズの周辺減光に関するレンズ情報に基づいて、画像データの周辺減光を補正する。そのため、レ

合いを求め、適正な周辺減光の補正量を自動的に決定することが可能になる。したがって、ユーザーが補正量を逐一調整する必要が特になく、従来に比べて周辺減光の補正処理に手間がかからない。

【0056】《請求項2》請求項2に記載の電子カメラは、レンズ情報として、撮影レンズに光学的に形成される複数の瞳の位置および径に関する開口データを取得する。電子カメラは、この開口データから撮像面上の光量分布を求める。この撮像面上の光量分布は、撮影レンズの口径蝕およびコサイン4乗則の影響を考慮した正確なデータとなる。電子カメラは、この光量分布をうち消す方向へ画像データの輝度分布を補正する。その結果、周辺減光を更に適正に補正することが可能になる。

【0057】《請求項3》請求項3に記載の電子カメラは、撮影レンズの歪曲収差に関するレンズ情報に基づいて、画像データの歪曲収差を補正する。そのため、レンズ情報に基づいて、画像データに生じる歪曲収差の度合いを求め、適正な歪曲収差の補正量を自動的に決定することが可能になる。したがって、ユーザーが補正量を逐一調整する必要が特になく、従来に比べて歪曲収差の補正処理に手間がかからない。

【0058】《請求項4》請求項4に記載の電子カメラは、レンズ情報として、「撮影レンズの像高 h 」と「理想像点の像高 h_0 」との対応関係を取得する。撮影レンズを透過した被写体光が、像高 h_0 に結像すべきところを像高 h に結像するために、樽型、糸巻き型、陣笠などの歪曲収差が生じる。そこで、電子カメラは、この対応関係に基づいて像高 h が像高 h_0 に略一致する方向に、画素位置を位置補正する。その結果、歪曲収差を更に適正に補正することが可能になる。

【0059】《請求項5》請求項5に記載の電子カメラは、撮影レンズの遠近歪みに関するレンズ情報に基づいて、画像データの遠近歪みを補正する。そのため、レンズ情報に基づいて、画像データに生じる遠近歪みの度合いを求め、適正な遠近歪みの補正量を自動的に決定することが可能になる。したがって、ユーザーが補正量を逐一調整する必要が特になく、従来に比べて遠近歪みの補正処理に手間がかからない。

【0060】《請求項6》請求項6に記載の電子カメラは、レンズ情報として、撮影時のレンズ光軸の角度を取得する。電子カメラは、この角度から撮像面上に生じる遠近歪みを求める。例えば、この判定から被写体のすばむ画面方向またはすばむ度合いを求めることができる。電子カメラは、この遠近歪みの影響をうち消す方向に、画像データの画素位置を位置補正する。その結果、画像データの遠近歪みが目立たなくなり、遠近歪みを更に適正に補正することが可能になる。

【0061】《請求項7》請求項7に記載の電子カメラは、補正部の補正処理を禁止する操作部材を備える。この操作部材により、例えば、補正部の補正処理を行

うか否かを自在に選択することが可能になる。なお、電子カメラは、補正処理が禁止された場合に、補正処理に使用する予定だったレンズ情報を画像ファイルと一緒に（あるいは画像ファイルに含めて）記憶しておくことが好ましい。この場合、レンズ情報を後から取り出して、画像データに適正な補正処理を施すことが可能になる。

【0062】《請求項8》請求項8に記載の電子カメラは、画像データの補正処理に使用するレンズ情報を画像ファイルに含める。したがって、レンズ情報を後から取り出して、画像データに適正な補正処理を施すことが可能になる。

【0063】《請求項9》請求項9に記載の電子カメラは、撮影レンズが交換される。この場合、電子カメラは、装着中の撮影レンズと情報通信を行って、画像データの補正に使用するレンズ情報を取得する。したがって、撮影レンズが交換されても、電子カメラは、装着中の撮影レンズに適合した補正処理を行うことが可能になる。また、ユーザーも、撮影レンズを交換するたびに、補正処理の補正量を逐一調整するなどの手間が不要になる。

【0064】《請求項10》請求項10に記載の電子カメラは、①周辺減光補正、②歪曲収差補正、倍率色収差補正、③遠近歪み補正の優先順位に従って、補正処理を行う。以下、上記優先順位に従わない場合の不具合について説明する。まず、①の補正前に②③のいずれかの補正を行った場合、画素位置の位置補正によって画面内の周辺減光の円形状が歪んでしまう。そのため、正確な周辺減光補正が困難になる。また、②の補正前に③の補正を行った場合、遠近歪みの補正により、画面内の歪曲収差（または倍率色収差）の形状が複雑に歪んでしまう。そのため、正確な歪曲収差補正（または倍率色収差補正）が困難になる。したがって、①②③の優先順位に従って補正処理を行うことにより、上記不具合を確実に避け、良好な補正効果を得ることが可能になる。なお、歪曲収差補正および倍率色収差補正については、どちらも像高の位置補正であるため、優先順位を設けずに一緒に補正を行うことが好ましい。すなわち、色成分の単位に、実際の像高を理想像高へ位置補正することにより、歪曲収差と倍率色収差を同時に補正することができる。

【0065】《請求項11》請求項11に記載の画像処理プログラムをコンピュータで実行することにより、画像ファイル内に記録されたレンズ情報に基づいて、画像ファイル内の画像データに適正な補正処理を施すことが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】電子カメラ11およびコンピュータ31を示す図である。

【図2】電子カメラ11の動作を説明する流れ図である。

【図3】撮像素子12の撮像面13、複数の瞳14の位置関係

係を模式的に示す図である。

【図4】方向別感度の角度 ε 、 Φ の定義を示す図である。

【図5】歪曲収差の見え方とデータテーブルD(h)との関係を示した図である。

【図6】遠近歪みの発生状況を説明する図である。

【図7】図6Bの状況を側方から見た図である。

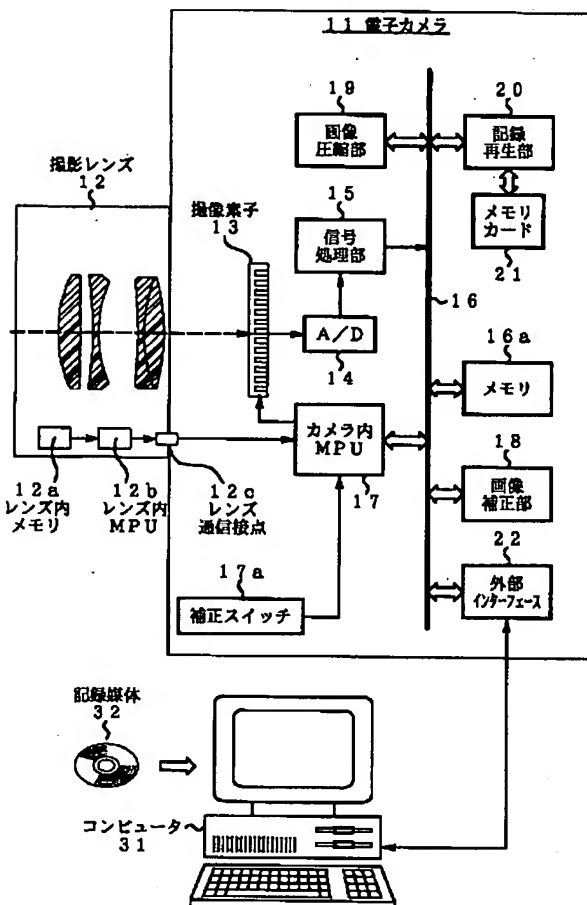
【図8】画像処理プログラムの流れ図である。

【符号の説明】

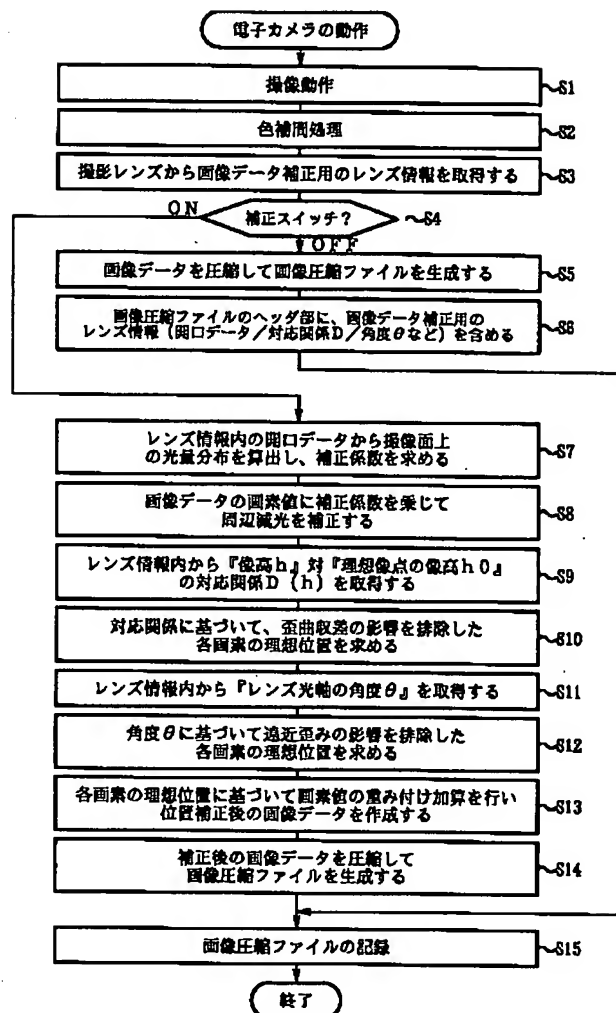
- 11 電子カメラ
- 12 撮影レンズ
- 12a レンズ内メモリ
- 12b レンズ内MPU
- 12c レンズ通信接点

- 13 撮像素子
- 14 A/D変換部
- 15 信号処理部
- 16 バス
- 16a メモリ
- 17 カメラ内MPU
- 17a 補正スイッチ
- 18 画像補正部
- 19 画像圧縮部
- 20 記録再生部
- 21 メモリカード
- 22 外部インターフェース
- 31 コンピュータ
- 32 画像処理プログラムの記録媒体

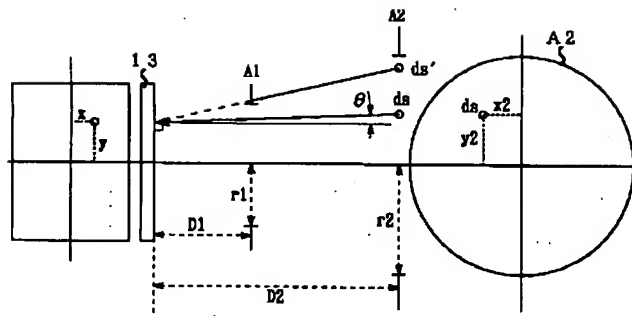
【図1】



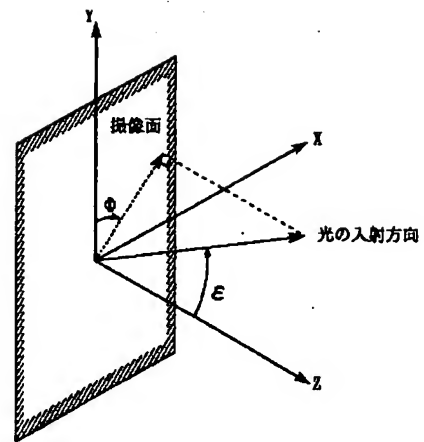
【図2】



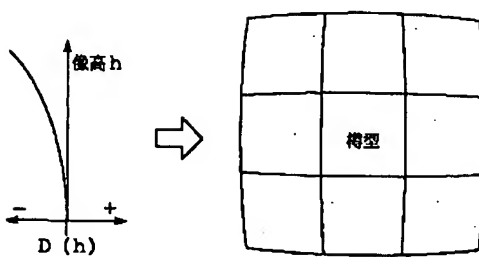
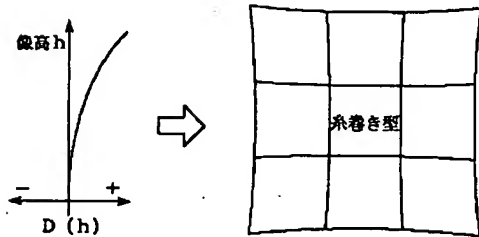
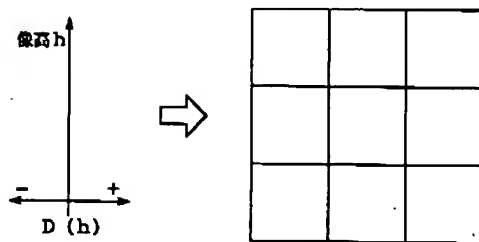
【図3】



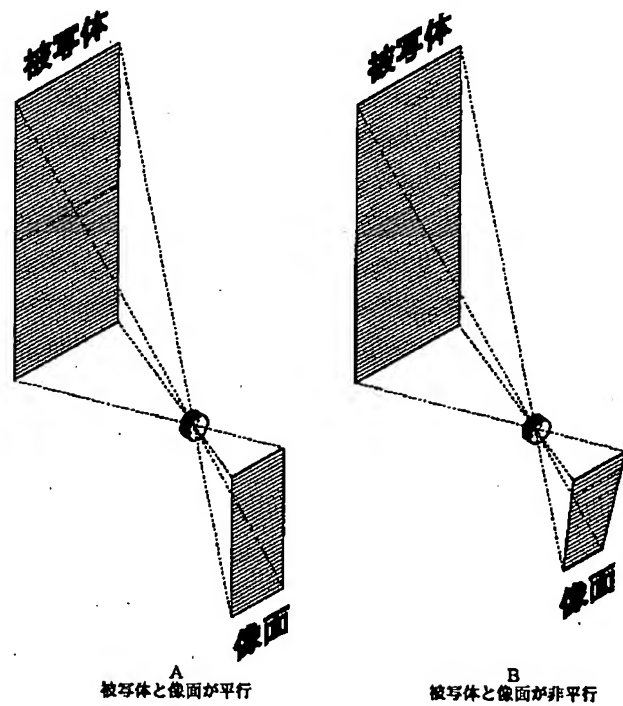
【図4】



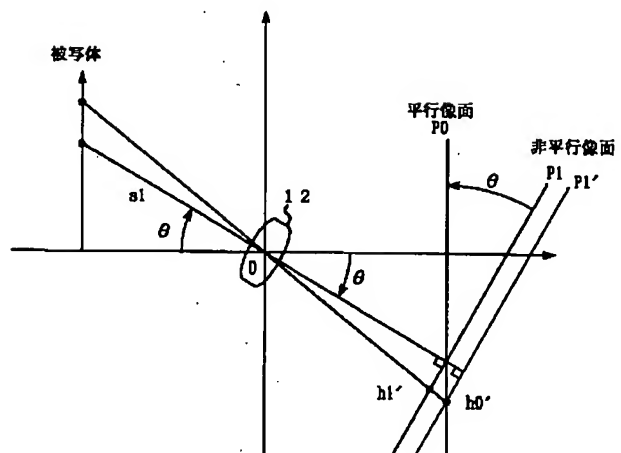
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

